



APROVEITAMENTO DE GARRAFAS PET EM CONCRETO: SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO AGREGADO MIÚDO E EFEITOS NA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

REUSE OF PET BOTTLES IN CONCRETE: PARTIAL REPLACEMENT OF FINE AGGREGATE AND EFFECTS ON COMPRESSIVE STRENGTH

DOI: 10.5281/zenodo.23290586



Fabília Nunes de Jesus¹

Daniel Martins de Godoy²

João Pedro Marques Martins³

Agostinho Ferreira⁴

Dênio Marcos de Faria⁵

RESUMO

O acúmulo de garrafas de poli(tereftalato de etileno) (PET) pós-consumo e o elevado consumo de agregados naturais pela construção civil motivam a busca por destinações técnicas para esse resíduo. Este estudo experimental avaliou a substituição parcial, em volume, da areia natural por fragmentos de PET de 1 a 3 mm (teores de 5%, 10% e 15%) em concreto produzido com cimento CP IV, brita 0, traço de referência 1:2:2,2 (em massa) e relação água/cimento de 0,5. Foram moldados 48 corpos de prova cilíndricos (5 × 10 cm), rompidos à compressão axial aos 7, 14, 21 e 28 dias (três por condição), e os resultados foram tratados por estatística descritiva, análise de variância (ANOVA), teste de Tukey e regressão linear. Aos 28 dias, as resistências médias foram de 20,89 MPa (referência), 18,33 MPa

1 Doutora, Universidade do Estado de Minas Gerais, UEMG, Unidade João Monlevade, Brasil. E-mail: fabricia.jesus@uemg.br.

2 Graduando em Engenharia Civil, Universidade do Estado de Minas Gerais, UEMG, Unidade João Monlevade, Brasil. E-mail: daniel.2510600031@discente.uemg.br.

3 Graduando em Engenharia Civil, Universidade do Estado de Minas Gerais, UEMG, Unidade João Monlevade, Brasil. E-mail: joao.2510600156@discente.uemg.br.

4 Professor, Universidade do Estado de Minas Gerais, UEMG, Unidade João Monlevade, Brasil. E-mail: agostinho.ferreira@uemg.br.

5 Graduando em Engenharia Civil, Universidade do Estado de Minas Gerais, UEMG, Unidade de João Monlevade, Brasil. E-mail: dennio.2510600150@discente.uemg.br.

Revista *OWL Journal*, Campina Grande - PB, v. 4 n. 10 (2026) - ISSN 2965-2634

A Revista *OWL Journal* está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição (CC BY)





(5%), 15,63 MPa (10%) e 12,63 MPa (15%), o que corresponde a reduções de 12,3%, 25,2% e 39,6%. O teor de PET teve efeito significativo sobre a resistência ($p = 0,0002$), com perda média de 0,55 MPa por ponto percentual de substituição. A diferença entre a referência e o teor de 5% não foi estatisticamente significativa ($p = 0,126$), mas o tamanho amostral reduzido impede concluir equivalência. Os dados não sustentam aplicações estruturais e indicam que teores baixos merecem investigação para usos não estruturais, condicionada a ensaios de absorção, durabilidade e viabilidade econômica.

Palavras-chave: Resíduos plásticos; Garrafas PET; Concreto; Agregado miúdo; Resistência à compressão.

ABSTRACT

The accumulation of post-consumer poly(ethylene terephthalate) (PET) bottles and the high consumption of natural aggregates by the construction sector call for technical destinations for this waste. This experimental study evaluated the partial replacement, by volume, of natural sand with 1 to 3 mm PET fragments (5%, 10% and 15%) in concrete made with CP IV cement, crushed stone "brita 0", a reference mix of 1:2:2.2 (by mass) and a water/cement ratio of 0.5. Forty-eight cylindrical specimens (5×10 cm) were cast and tested in axial compression at 7, 14, 21 and 28 days (three per condition). Results were analysed using descriptive statistics, analysis of variance (ANOVA), Tukey's test and linear regression. At 28 days, mean strengths were 20.89 MPa (reference), 18.33 MPa (5%), 15.63 MPa (10%) and 12.63 MPa (15%), corresponding to reductions of 12.3%, 25.2% and 39.6%. PET content had a significant effect on strength ($p = 0.0002$), with a mean loss of 0.55 MPa per percentage point of replacement. The difference between the reference and the 5% mix was not statistically significant ($p = 0.126$), but the small sample size prevents any claim of equivalence. The data do not support structural applications and suggest that low replacement levels deserve investigation for non-structural uses, subject to water absorption, durability and economic feasibility assessments.

Keywords: Plastic waste; PET bottles; Concrete; Fine aggregate; Compressive strength.

1. INTRODUÇÃO

A expansão da produção de plásticos não foi acompanhada por sistemas equivalentes de recuperação. Geyer, Jambeck e Law (2017) estimaram que, até 2015, cerca de 6.300 milhões de toneladas de resíduos plásticos haviam sido geradas no mundo, dos quais aproximadamente 9% foram reciclados, 12% incinerados e 79% acumulados em aterros ou no ambiente natural. No Brasil, levantamento divulgado pelo WWF (2019) posicionou o país como o quarto maior gerador de lixo plástico do planeta. Entre os polímeros de maior presença nesses resíduos está o PET, cuja difusão como embalagem de bebidas se consolidou





no país a partir do início da década de 1990 (Abipet, 2025). A mesma estabilidade química que torna a garrafa PET adequada ao uso a torna persistente após o descarte, fragmentando-se em microplásticos em vez de se degradar de forma completa. A construção civil, por sua vez, consome grandes volumes de recursos minerais e gera resíduos em escala equivalente. Incorporar resíduos como substitutos parciais de agregados naturais é, portanto, uma estratégia recorrente de pesquisa, pois pode reduzir a extração de areia e ampliar as destinações do material descartado. O interesse é duplo: ambiental, por desviar um resíduo persistente de aterros e do ambiente, e técnico, por explorar propriedades do polímero como a baixa massa específica e a possibilidade de concretos mais leves.

1.1 O PET como agregado miúdo: estado da arte

A linha de investigação é ampla. Choi et al. (2005) estudaram agregados obtidos de garrafas PET em substituições de até 75% em volume; Marzouk et al. (2007) avaliaram a valorização de resíduos plásticos pós-consumo em compósitos cimentícios, caracterizando massa específica e propriedades mecânicas; Albano et al. (2009) avaliaram teores de 10% e 20% em volume, relações água/cimento de 0,50 e 0,60 e diferentes tamanhos de partícula, incluindo a degradação térmica do PET; Akçaözöğlü et al. (2010) investigaram o PET triturado como agregado leve em argamassas, isolado ou combinado com areia; Frigione (2010) substituiu 5% em massa da areia por PET sem lavagem, com granulometria semelhante à da areia; e Saikia e de Brito (2014) estudaram o PET de garrafas como substituto parcial de agregados naturais, com foco em propriedades mecânicas e abrasão. Rahmani et al. (2013) examinaram teores de 5%, 10% e 15% de PET em substituição à areia, faixa idêntica à do presente trabalho. No contexto da habitação social, Beretta et al. (2008) relataram o uso de PET reciclado em blocos de vedação na Argentina. Revisões como as de Siddique, Khatib e Kaur (2008) e Saikia e de Brito (2012) reuniram dezenas de estudos sobre o uso de plásticos residuais em concreto e argamassa. O quadro que emerge é de grande heterogeneidade: o desempenho depende do tipo de polímero, da forma e da granulometria





das partículas, do teor, da relação água/cimento e das condições de moldagem e cura, inclusive porque o efeito da cura em concretos com agregado plástico reciclado foi objeto de estudo específico (FERREIRA; DE BRITO; SAIKIA, 2012).

Os resultados sobre a resistência à compressão não são unânimes. Frigione (2010) observou resistência ligeiramente inferior à da referência com 5% de PET em massa. Em concreto geopolimérico, Dawood e Shakir (2025) substituíram 5% a 30% da areia, em massa equivalente, e relataram aumentos de 2,20% a 10,09% na resistência à compressão para teores de 5% a 15%, com queda dos parâmetros de resistência acima de 15%. Parte dessa divergência é metodológica. O PET tem massa específica consideravelmente menor que a da areia, de modo que a mesma porcentagem nominal, em massa ou em volume, representa quantidades muito diferentes de polímero. Além disso, variam entre os estudos a matriz cimentícia, a relação água/cimento, a forma e o tamanho das partículas e a geometria dos corpos de prova. Essa variabilidade dificulta a transposição direta de resultados estrangeiros para os materiais e procedimentos disponíveis em laboratórios brasileiros de ensino.

1.2 Lacuna, hipóteses e objetivos

Há poucos dados publicados que combinem cimento CP IV, areia fina a média, PET fragmentado manualmente na faixa de 1 a 3 mm e análise estatística inferencial com reporte explícito de poder e tamanho de efeito. O presente trabalho contribui com esse conjunto, avaliado em quatro idades. O objetivo geral foi avaliar a viabilidade técnica da substituição parcial da areia por fragmentos de PET pós-consumo em concreto, com base na resistência à compressão axial. Os objetivos específicos foram: (i) caracterizar granulometricamente a areia empregada; (ii) processar o PET e produzir concretos com 0%, 5%, 10% e 15% de substituição em volume; (iii) determinar a resistência à compressão aos 7, 14, 21 e 28 dias; e (iv) analisar estatisticamente o efeito do teor de PET, discutindo as implicações para usos estruturais e não estruturais e as limitações do desenho experimental. Testou-se a hipótese





nula de que o teor de PET não altera a resistência média à compressão aos 28 dias, contra a hipótese alternativa de que altera.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais

Foram empregados cimento Portland CP IV (pozolânico), areia natural, brita 0, água potável e fragmentos de garrafas PET pós-consumo. Cimento, areia e brita foram doados pela empresa DULEO Materiais de Construção. O PET foi obtido por coleta de garrafas pós-consumo. A areia foi caracterizada por peneiramento, conforme a ABNT NBR NM 248 (2003) (Figura 1). Não foram determinadas as massas específicas e unitárias dos agregados nem a massa específica do PET, o que restringe a precisão da conversão entre substituição volumétrica e mássica.

Figura 1- Areia utilizada como agregado miúdo, antes do peneiramento



Fonte: Autores, 2026.



2.2 Preparação do PET

As garrafas foram cortadas em duas etapas: primeiro em filetes de aproximadamente 5 mm de largura e, depois, em fragmentos de 1 a 3 mm de comprimento. Essa faixa foi definida de forma empírica para viabilizar a substituição parcial do agregado miúdo.

2.3 Definição do traço e produção dos corpos de prova

Em etapa preliminar, foram moldados corpos de prova com os traços 1:2:3, 1:2:2,8, 1:2:2,5 e 1:2:2,2 (cimento:areia:brita), com volume de água constante de 0,5 L. O traço 1:2:2,2 foi escolhido como referência por apresentar, por inspeção visual, melhor acomodação dos agregados e menor ocorrência aparente de vazios. A seleção, portanto, não se baseou em ensaio mecânico. O traço definitivo foi 1:2:2,2 em massa, com relação água/cimento de 0,5. A areia foi substituída por PET nos teores de 5%, 10% e 15%, em base volumétrica, de modo a manter o volume de agregado miúdo do traço de referência. Foram moldados 48 corpos de prova cilíndricos, sendo 12 por grupo (referência, 5%, 10% e 15%) e três por idade de ensaio. A moldagem e a cura seguiram a ABNT NBR 5738 (2015), com cura submersa em água saturada com cal até a data do ensaio. O adensamento foi manual. As dimensões dos cilindros foram de 5 cm de diâmetro por 10 cm de altura.

2.4 Ensaio e tratamento dos dados

Os ensaios de compressão axial seguiram a ABNT NBR 5739 (2018), em prensa EMIC 23-200 do Laboratório de Pesquisa do Centro Tecnológico da UEMG, Unidade João Monlevade. A resistência foi calculada pela razão entre a carga máxima e a área da seção transversal. Para cada combinação de teor e idade, calcularam-se média, desvio padrão amostral ($n - 1$) e coeficiente de variação (CV). As variações percentuais foram calculadas em relação à referência na mesma idade. Para o conjunto de resultados aos 28 dias, idade de referência normativa, empregaram-se análise de variância de um fator, teste de Tukey ($\alpha = 0,05$), teste de Levene para homogeneidade de variâncias e regressão linear entre teor de PET





e resistência. As comparações de cada mistura com a referência foram também realizadas pelo teste t de Welch com correção de Holm para múltiplas comparações, e o tamanho do efeito foi expresso pelo g de Hedges, que corrige o viés de amostras pequenas. A análise de poder estimou a menor diferença detectável com 80% de poder e $\alpha = 0,05$ para o desvio padrão combinado observado. Com os 48 corpos de prova, ajustou-se ainda uma ANOVA de dois fatores (teor e idade) com interação. As demais idades receberam ANOVA de um fator e regressão exploratórias. Os cálculos foram feitos em Python (SciPy e statsmodels).

2.5 Estimativa ilustrativa do consumo de PET

Para dimensionar a ordem de grandeza do resíduo aproveitado, estimou-se o consumo de materiais por metro cúbico a partir do traço 1:2:2,2 e da relação água/cimento de 0,5, desprezando o ar incorporado e adotando massas específicas típicas, não medidas neste estudo: cimento 3,10 g/cm³, areia 2,60 g/cm³, brita 2,70 g/cm³, água 1,00 g/cm³ e PET 1,35 g/cm³. Para converter a massa de PET em garrafas, adotou-se uma massa de 40 a 50 g por garrafa de 2 L, também assumida. Trata-se de cálculo ilustrativo, sujeito às incertezas dessas premissas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização granulométrica da areia

A Tabela 1 e a Figura 2 apresentam a composição granulométrica da areia. Cerca de 73% da massa ficou retida nas peneiras de 0,210 mm e 0,149 mm (26,10% e 47,09%), o que caracteriza agregado miúdo de granulometria fina a média. A série de peneiras utilizada (malhas 10 a 140) não coincide com a série normal da ABNT NBR 7211 (2009), razão pela qual o módulo de finura não foi calculado.



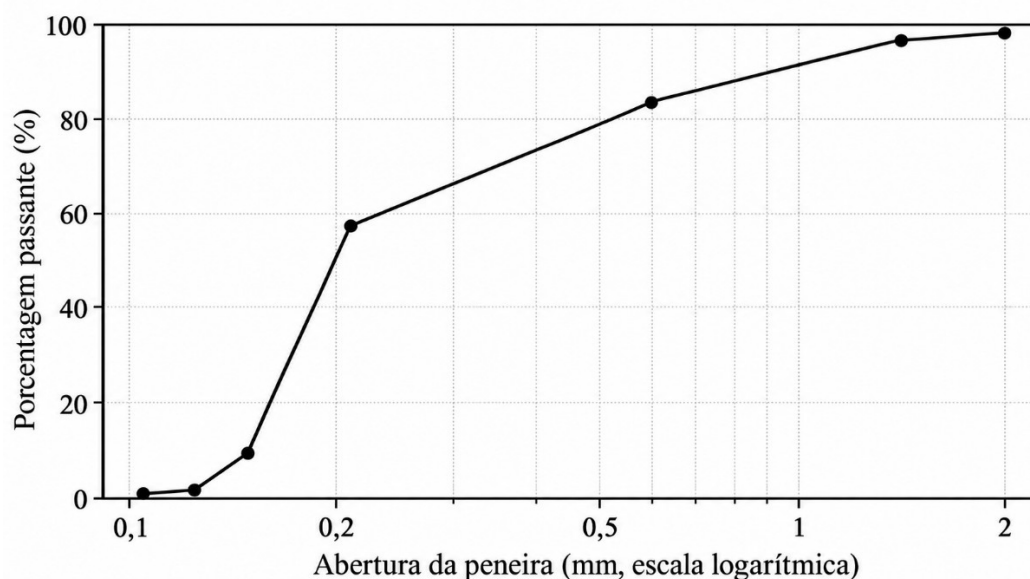


Tabela 1- Composição granulométrica da areia

Peneira (#)	Abertura (mm)	Massa retida (g)	% retida	% retida acum.	% passante
10	2,000	8,8	1,78	1,78	98,22
14	1,410	7,2	1,46	3,23	96,77
30	0,590	65,7	13,28	16,52	83,48
70	0,210	129,1	26,10	42,62	57,38
100	0,149	232,9	47,09	89,71	10,29
120	0,125	42,3	8,55	98,26	1,74
140	0,105	7,8	0,97	99,23	0,77
Fundo	0,025	3,8	0,77	100,00	0,00
Total		494,6	100,00		

Fonte: Autores, 2026.

Figura 2- Curva granulométrica da areia



Fonte: Autores, 2026.

Um aspecto merece destaque para a interpretação posterior: apenas 3,23% da massa da areia ficou retida acima de 1,41 mm. Os fragmentos de PET (1 a 3 mm) situam-se, portanto, na cauda grossa da distribuição da areia. Substituir 5% a 15% do volume de areia por partículas dessa faixa altera a curva granulométrica da fração miúda, pois o volume removido



é composto majoritariamente de grãos finos e o volume adicionado, de partículas mais grossas e lamelares. Essa incompatibilidade de tamanhos tende a reduzir o empacotamento e é uma hipótese plausível para parte do desempenho observado.

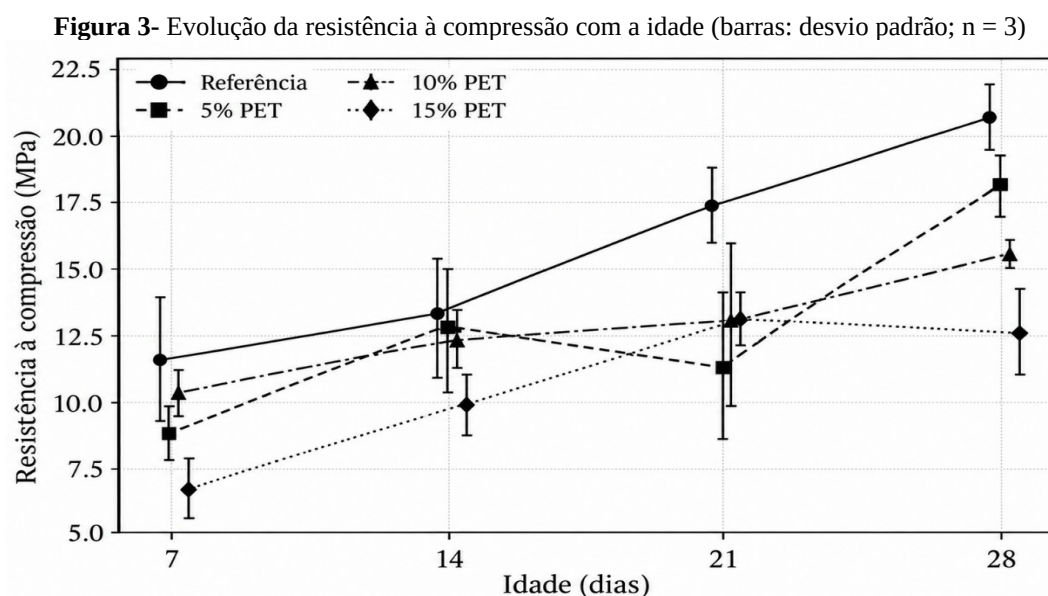
3.2 Resistência à compressão

A Tabela 2 apresenta os resultados de resistência à compressão obtidos para as diferentes idades de cura e teores avaliados. Já a Figura 3 traz a evolução dos valores médios de resistência à compressão ao longo do período de cura, acompanhados das respectivas barras de desvio padrão.

Tabela 2- Resistência à compressão (MPa): média $\pm$ desvio padrão (CV, %); n = 3

Idade (dias)	Referência	5% PET	10% PET	15% PET
7	11,67 $\pm$ 2,38 (20,4)	8,82 $\pm$ 1,01 (11,5)	10,35 $\pm$ 0,87 (8,4)	6,67 $\pm$ 1,34 (20,1)
14	13,22 $\pm$ 2,41 (18,3)	12,78 $\pm$ 2,49 (19,5)	12,32 $\pm$ 1,08 (8,7)	9,84 $\pm$ 1,25 (12,7)
21	17,42 $\pm$ 2,95 (16,9)	11,32 $\pm$ 2,74 (24,2)	12,96 $\pm$ 3,06 (23,6)	13,13 $\pm$ 1,01 (7,7)
28	20,89 $\pm$ 1,27 (6,1)	18,33 $\pm$ 1,26 (6,9)	15,63 $\pm$ 0,33 (2,1)	12,63 $\pm$ 1,66 (13,2)

Fonte: Autores, 2026.

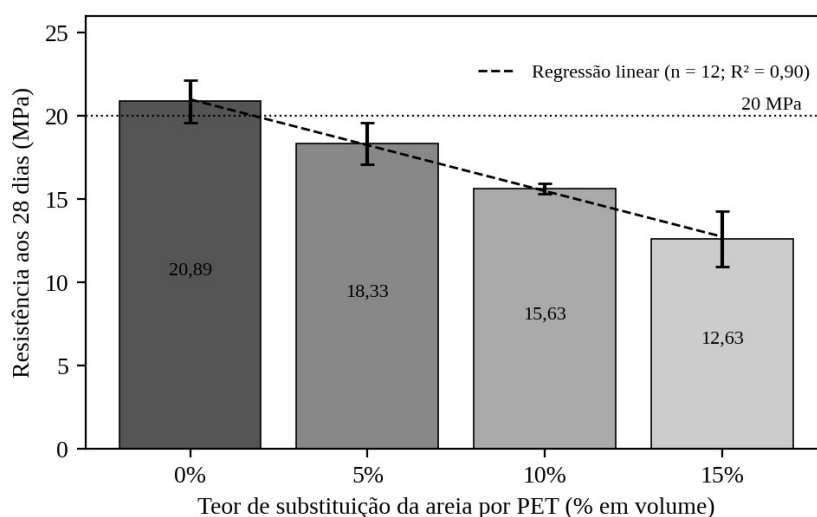


Fonte: Autores, 2026.



Aos 28 dias de cura, o concreto de referência apresentou resistência à compressão de 20,89 MPa, enquanto as misturas contendo 5%, 10% e 15% de PET atingiram 18,33, 15,63 e 12,63 MPa, respectivamente. Esses valores correspondem a reduções de 12,3%, 25,2% e 39,6% em relação ao concreto de referência, evidenciando uma tendência de redução da resistência à compressão com o aumento do teor de substituição por PET. A relação entre o teor de PET e a resistência à compressão aos 28 dias é apresentada na Figura 4.

Figura 4- Resistência à compressão aos 28 dias em função do teor de PET



Fonte: Autores, 2026.

A linha tracejada é o ajuste linear sobre os 12 corpos de prova.

Os coeficientes de variação (CV) obtidos aos 28 dias foram relativamente baixos para o concreto de referência (6,1%), para a mistura com 5% de PET (6,9%) e para aquela com 10% de PET (2,1%), indicando menor dispersão dos resultados nessas condições. Para a mistura contendo 15% de PET, entretanto, o CV foi mais elevado (13,2%), indicando maior variabilidade entre os corpos de prova. Nas idades intermediárias, observou-se maior dispersão dos resultados, com CV de até 24,2% para a mistura com 5% de PET aos 21 dias e 23,6% para a mistura com 10% de PET na mesma idade. De modo geral, os resultados indicam que o aumento do teor de PET esteve associado à redução da resistência à compressão aos 28 dias. Essa tendência pode estar relacionada às diferenças entre as



propriedades do PET e da matriz cimentícia, especialmente quanto à aderência e à transferência de tensões na interface entre as partículas de PET e a pasta de cimento. Entretanto, essa interpretação deve ser discutida em conjunto com as características de distribuição, forma e superfície das partículas de PET, não sendo recomendável atribuir a redução da resistência exclusivamente à presença do polímero.

3.3 Análise estatística aos 28 dias

A análise de variância (ANOVA) realizada aos 28 dias indicou efeito estatisticamente significativo do teor de substituição por PET sobre a resistência à compressão ($F = 24,89$; $p = 0,0002$). O teste de Levene não indicou diferença significativa entre as variâncias dos grupos ($p = 0,82$), demonstrando que o pressuposto de homogeneidade das variâncias foi atendido.

Considerando as demais idades de cura, observou-se efeito significativo do teor de PET apenas aos 7 dias ($p = 0,019$). Aos 14 e 21 dias, não foram identificadas diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos ($p = 0,215$ e $p = 0,091$, respectivamente). A ausência de significância nessas idades deve ser interpretada considerando a maior dispersão dos resultados observada entre os corpos de prova, conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 Variação percentual da resistência em relação à referência e significância da ANOVA, por idade

Idade (dias)	Variação 5% (%)	Variação 10% (%)	Variação 15% (%)	ANOVA (p)
7	-24,5	-11,3	-42,8	0,019
14	-3,3	-6,8	-25,5	0,215
21	-35,0	-25,6	-24,7	0,091
28	-12,3	-25,2	-39,6	0,0002

Fonte: Autores, 2026.





O teste de Tukey aos 28 dias (Tabela 4) indicou que os teores de 10% e 15% diferiram significativamente da referência, enquanto o teor de 5% não apresentou diferença significativa em relação a ela ao nível de 5% ($p = 0,126$). Esse resultado, contudo, deve ser interpretado com cautela. Considerando apenas três réplicas por condição, o baixo tamanho amostral limita o poder estatístico do teste.

Além disso, o intervalo de confiança para a diferença entre a referência e o teor de 5% ($-0,66$ a $5,79$ MPa) é amplo e inclui tanto a hipótese de ausência de efeito quanto a possibilidade de uma redução de aproximadamente 6 MPa na resistência. Portanto, a ausência de significância estatística não deve ser interpretada como evidência de equivalência entre as condições. Os resultados obtidos não permitem afirmar que a incorporação de 5% de PET preserve a resistência, mas apenas que, com o tamanho amostral empregado, não foi possível detectar uma diferença estatisticamente significativa.

Tabela 4- Comparações múltiplas de Tukey aos 28 dias

Comparação (28 dias)	Diferença de médias (MPa)	IC 95% (MPa)	p (Tukey)
Referência vs 5%	2,56	-0,66 a 5,79	0,126
Referência vs 10%	5,26	2,04 a 8,48	0,004
Referência vs 15%	8,27	5,04 a 11,49	< 0,001
5% vs 10%	2,70	-0,53 a 5,92	0,105
5% vs 15%	5,70	2,48 a 8,93	0,002
10% vs 15%	3,01	-0,22 a 6,23	0,068

Fonte: Autores, 2026.

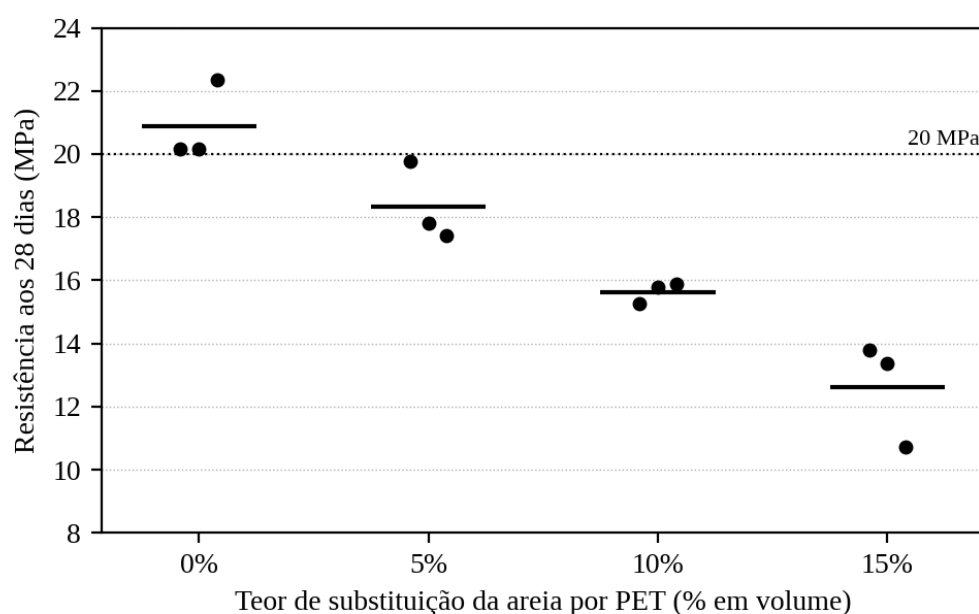
A Figura 5 evidencia esse comportamento de forma mais clara. Aos 28 dias, observa-se uma ordenação completa entre os grupos: os três corpos de prova contendo 5% de PET (17,42–19,77 MPa) apresentaram valores inferiores ao menor valor observado na referência (20,15 MPa); de forma análoga, os valores obtidos para 10% de PET (15,26–15,87 MPa) foram inferiores ao menor valor registrado para 5%, enquanto aqueles referentes a 15% de PET (10,72–13,79 MPa) permaneceram abaixo do menor valor observado para 10%.





Apesar dessa separação dos valores individuais, a diferença entre os grupos de referência e 5% é relativamente pequena, sendo de apenas 0,38 MPa entre os respectivos valores extremos mais próximos. Além disso, com apenas três réplicas por grupo, testes não paramétricos baseados em postos apresentam poder estatístico limitado; no caso do teste de Mann–Whitney bilateral, por exemplo, o menor valor de p possível é 0,10. Esse resultado evidencia uma limitação importante do delineamento amostral, que restringe a capacidade de detectar diferenças estatisticamente significativas mesmo quando há uma separação consistente entre os valores observados.

Figura 5- Valores individuais (pontos) e médias (traços horizontais) da resistência aos 28 dias



Fonte: Autores, 2026. A linha pontilhada marca 20 MPa.

3.4 Efeitos conjuntos de teor e idade

Considerando os 48 corpos de prova e as quatro idades, a ANOVA de dois fatores indicou efeitos significativos do teor de PET ($F(3; 32) = 15,64$; $p < 0,001$), da idade ($F(3; 32) = 33,37$; $p < 0,001$) e da interação entre ambos ($F(9; 32) = 2,22$; $p = 0,047$). A idade responde



por cerca de 50% da soma de quadrados total, o teor de PET por 24%, a interação por 10% e o resíduo por 16%. O predomínio da idade é esperado, pois a hidratação domina a variação temporal da resistência. Ainda assim, o teor de PET explica uma parcela considerável da variância total, e a interação, embora limítrofe, sugere que o efeito do polímero não é constante ao longo do tempo.

Essa não constância aparece nas inclinações das retas ajustadas por idade: a perda de resistência por ponto percentual de PET foi de 0,27 MPa aos 7 dias ($R^2 = 0,45$; $p = 0,017$), 0,21 MPa aos 14 dias ($R^2 = 0,34$; $p = 0,048$), 0,23 MPa aos 21 dias ($R^2 = 0,17$; $p = 0,19$) e 0,55 MPa aos 28 dias ($R^2 = 0,90$; $p < 0,001$). A inclinação aos 28 dias é cerca de duas vezes maior que nas idades anteriores. Uma interpretação plausível, não testada neste estudo, é que nas primeiras idades a pasta ainda pouco hidratada é o elo fraco do sistema, de modo que a fragilidade adicional introduzida pela interface com o PET pesa menos, e que o PET passa a limitar o desempenho à medida que a matriz se torna mais resistente.

3.5 Tamanho do efeito, poder do teste e leitura prática

O desvio padrão combinado aos 28 dias foi de 1,23 MPa. Com esse desvio e três réplicas por grupo, a menor diferença detectável com 80% de poder e $\alpha = 0,05$ é de aproximadamente 3,8 MPa ($d \approx 3,1$). A diferença observada entre a referência e 5% (2,56 MPa) é menor que esse limite, e seriam necessárias cerca de cinco réplicas por grupo para detectá-la com o mesmo poder. Com seis, nove e doze réplicas, a menor diferença detectável cairia para 2,2, 1,7 e 1,5 MPa, respectivamente. Esses valores orientam o planejamento de estudos futuros. O tamanho do efeito, expresso pelo g de Hedges, foi grande em todas as comparações (Tabela 5), embora estimativas de g com $n = 3$ sejam imprecisas e tendam a superestimar o efeito verdadeiro. Após a correção de Holm, as comparações de 10% e 15% com a referência permanecem significativas ($p = 0,029$ e $0,009$) e a de 5% permanece não significativa ($p = 0,068$).





Tabela 5- Tamanho de efeito e comparações com a referência aos 28 dias

Comparação (28 dias)	Dif. de médias (MPa)	Hedges g	p (Welch)	p (Holm)
Referência vs 5%	2,56	1,62	0,068	0,068
Referência vs 10%	5,26	4,54	0,014	0,029
Referência vs 15%	8,27	4,47	0,003	0,009

Fonte: Autores, 2026.

A regressão linear sobre os 12 corpos de prova resultou em queda de 0,55 MPa por ponto percentual de PET (IC 95%: -0,68 a -0,42; $R^2 = 0,90$; $p < 0,001$) e intercepto de 21,0 MPa. O termo quadrático foi desprezível (-0,004 MPa por ponto percentual ao quadrado), de modo que a relação é praticamente linear no intervalo estudado, sem patamar ou ponto de inflexão que permita identificar um teor ótimo acima de zero. Pelo modelo, a resistência média cairia a 20 MPa com cerca de 1,8% de PET e a 15 MPa com cerca de 10,9%. O primeiro valor é uma extrapolação para fora da faixa ensaiada (5% a 15%) e deve ser lido apenas como indicação de que, nestas condições, qualquer teor de PET tende a reduzir a média abaixo de 20 MPa.

3.6 Desenvolvimento da resistência e dispersão

Todas as composições ganharam resistência entre 7 e 28 dias, como esperado pela hidratação contínua do cimento: +79% na referência, +108% em 5%, +51% em 10% e +89% em 15%. O CP IV, pozolânico, tende a desenvolver resistência mais lentamente nas primeiras idades, o que ajuda a explicar ganhos expressivos até os 28 dias. Aos 7 dias, as misturas atingiram 55,9% (referência), 48,1% (5%), 66,2% (10%) e 52,9% (15%) da resistência aos 28 dias. Observam-se, contudo, algumas inconsistências nas idades intermediárias. A mistura com 5% de PET apresentou 11,32 MPa aos 21 dias, abaixo dos 12,78 MPa aos 14 dias, enquanto a mistura com 15% atingiu 13,13 MPa aos 21 dias, acima dos 12,63 MPa aos 28 dias (104% da resistência final).

Embora essas oscilações não acompanhem a tendência esperada de ganho de resistência com a idade, sua ocorrência pode estar associada à variabilidade experimental, incluindo

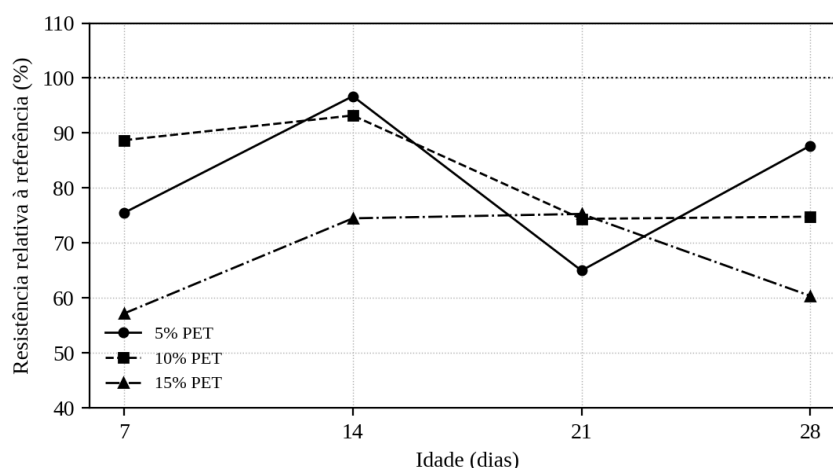




diferenças de moldagem, adensamento e dispersão dos resultados. Como as idades foram obtidas a partir de uma mesma betonagem, os valores intermediários devem ser interpretados com cautela e não utilizados isoladamente para caracterizar a evolução da resistência.

A Figura 6 expressa a resistência das misturas com PET como porcentagem da referência na mesma idade. As curvas não são monotônicas: a mistura com 5% atingiu 96,7% da referência aos 14 dias, mas apenas 65,0% aos 21 dias e 87,7% aos 28 dias. Um estudo limitado aos 14 dias concluiria, equivocadamente, que 5% e 10% de PET são praticamente equivalentes à referência (96,7% e 93,2%). O exemplo mostra o risco de inferir desempenho a partir de uma única idade intermediária com três réplicas.

Figura 6- Resistência das misturas com PET em relação à referência, por idade



Fonte: Autores, 2026. A linha pontilhada representa a resistência da referência (100%).

Quanto à dispersão, o CV médio entre as quatro composições foi de 15,1% aos 7 dias, 14,8% aos 14 dias, 18,1% aos 21 dias e 7,1% aos 28 dias. Médias por teor, calculadas sobre as quatro idades, foram de 15,4% (referência), 15,5% (5%), 10,7% (10%) e 13,4% (15%). A dispersão, portanto, variou mais com a idade do que com o teor de PET, e a própria referência apresentou CV de 20,4% aos 7 dias e amplitude de 5,86 MPa aos 21 dias (14,32 a 20,18 MPa). Isso indica que parte relevante da variabilidade é procedimental e comum a todas as



misturas, o que reforça a leitura dos resultados aos 28 dias, onde a dispersão foi menor, e desaconselha atribuir ao PET, isoladamente, a irregularidade das idades intermediárias.

3.7 Comparação com a literatura

A Tabela 6 resume estudos que empregaram PET ou resíduos plásticos análogos como substituto parcial de agregado miúdo. A comparação direta de porcentagens nominais é enganosa, porque as bases de substituição diferem. Com as massas específicas assumidas na seção 2.5 (PET 1,35 g/cm³ e areia 2,60 g/cm³), uma substituição de 5% em massa, como a de Frigione (2010), equivale a cerca de 9,6% em volume da areia, e as substituições volumétricas de 5%, 10% e 15% deste estudo correspondem a apenas 2,6%, 5,2% e 7,8% da massa de areia. Em volume de polímero, a mistura de Frigione (2010) situa-se, portanto, próxima da mistura de 10% deste estudo, mas apresentou perda bem menor de resistência.

Tabela 6 Comparação com estudos da literatura sobre PET e plásticos como agregado miúdo

Estudo	Base e teor de substituição	Matriz e observações	Resultado principal relatado
Frigione (2010)	5% da areia, em massa	Concreto convencional; PET sem lavagem e com granulometria semelhante à da areia	Resistência à compressão ligeiramente inferior à da referência; ductilidade moderadamente maior
Albano et al. (2009)	10% e 20% em volume	Relações a/c de 0,50 e 0,60; diferentes tamanhos de partícula	Comportamento mecânico dependente do teor, do tamanho da partícula e da relação a/c
Dawood e Shakir (2025)	5% a 30% da areia, em massa equivalente	Concreto geopolimérico com escória granulada de alto-forno	Compressão com ganhos de 2,20% a 10,09% para 5% a 15%; queda acima de 15%; menor densidade e maior absorção
Marzouk et al. (2007)	Substituição volumétrica da areia por PET granulado	Compósitos cimentícios	Uso como agregado avaliado quanto à massa específica e às propriedades mecânicas
Akçaözoglu et al. (2010)	PET triturado como agregado, isolado ou com areia	Argamassas leves	Investigação do PET como agregado leve em argamassa
Este estudo	5%, 10% e 15% da areia, em volume	CP IV; a/c 0,5; cilindros de 5 × 10 cm	Reduções de 12,3%, 25,2% e 39,6% aos 28 dias

Fonte: Autores, 2026, a partir dos resumos dos trabalhos citados.





Esse contraste sugere que fatores além do teor volumétrico pesam de forma decisiva. No estudo de Frigione (2010), a granulometria do PET era semelhante à da areia substituída, ao passo que, aqui, partículas de 1 a 3 mm, situadas na cauda grossa da curva da areia (seção 3.1), foram incorporadas com corte manual e adensamento manual em cilindros pequenos. Albano et al. (2009) mostraram que o comportamento mecânico depende conjuntamente do teor, do tamanho de partícula e da relação água/cimento, e neste trabalho a relação água/cimento foi fixa em 0,5, sem correção para o PET, que é hidrofóbico. Não se mediu abatimento, de modo que não é possível discutir o efeito do PET sobre a consistência.

Os ganhos de resistência relatados por Dawood e Shakir (2025) também não contradizem os presentes resultados, pois foram obtidos em concreto geopolimérico, cuja química de ativação e cuja interface com o polímero diferem da matriz de cimento Portland pozolânico. Além disso, a substituição em massa equivalente remove menos volume de areia por ponto percentual. Como síntese, os dados da literatura indicam que a resposta do concreto ao PET não é universal, e os resultados deste estudo devem ser entendidos como específicos de um conjunto de materiais e procedimentos, sem permitir generalização para outros tipos de PET, de cimento ou de moldagem. Em relação ao método de cura, a cura submersa em água saturada com cal utilizada aqui é a condição mais favorável à hidratação, de modo que a perda observada não decorre de cura deficiente, embora possa interagir com o polímero de modo não avaliado (FERREIRA; DE BRITO; SAIKIA, 2012).

3.8 Mecanismos prováveis e influência da geometria

A tendência de queda da resistência com o aumento do PET é coerente com a literatura e pode ser atribuída a fatores que não foram medidos diretamente neste estudo. O primeiro é a interface: o PET tem superfície lisa e baixa afinidade com a pasta, de modo que a zona de transição fica mais fraca do que a observada em agregados minerais, favorecendo a concentração de tensões e o início de fissuras. O segundo é a menor rigidez do polímero, que altera a transferência de tensões. O terceiro é o empacotamento: como discutido na seção 3.1,





os fragmentos de 1 a 3 mm não reproduzem a granulometria da areia, o que pode gerar vazios e regiões mal compactadas, especialmente com adensamento manual e cilindros pequenos. Ensaio de absorção de água, porosidade ou microscopia eletrônica de varredura seriam necessários para confirmar qual desses mecanismos predomina.

Os cilindros de 5×10 cm são menores que os de 10×20 cm usualmente adotados. A literatura indica que a resistência à compressão medida tende a diminuir com o aumento do tamanho do corpo de prova, que o efeito de escala é mais acentuado em concretos de menor resistência, em razão de sua maior heterogeneidade (Gyurkó; Nemes, 2020), e que cilindros de 5 cm de diâmetro por 10 cm de altura, por não serem padronizados, apresentam maior desvio nos resultados (Iasnii; Mykytyshyn, 2023). Duas consequências decorrem disso. Primeiro, os valores absolutos deste estudo provavelmente superestimam os que seriam obtidos em cilindros de 10×20 cm, o que agrava a questão do limite de 20 MPa discutida adiante. Segundo, parte da dispersão observada pode ser atribuída à geometria. Como todas as misturas compartilham a mesma geometria, as comparações relativas entre elas são menos afetadas, embora a interação entre o efeito de escala e a presença de partículas lamelares de PET não possa ser descartada.

3.9 Implicações para aplicações estruturais e não estruturais

A ABNT NBR 6118 (2014) e a ABNT NBR 8953 (2015) estabelecem requisitos de classe de resistência para o concreto estrutural, sendo C20 a classe mínima para concreto armado. A média da referência (20,89 MPa) já se aproxima desse limite, e todas as misturas com PET ficaram abaixo dele (18,33 MPa no melhor caso). Como a resistência característica de projeto é inferior à média, e dada a geometria reduzida dos corpos de prova, os dados não sustentam o uso estrutural do PET nas condições estudadas. Para aplicações não estruturais, como contrapisos, calçadas, peças de enchimento ou artefatos de vedação, a perda de resistência pode ser aceitável, mas a adequação depende dos requisitos normativos de cada produto e de propriedades que não foram medidas aqui: absorção de água, retração,





trabalhabilidade, durabilidade, comportamento térmico e desempenho ao fogo. Em especial, o efeito do calor sobre o PET e sobre a interface deve ser considerado antes de qualquer recomendação de uso.

3.10 Estimativa do resíduo aproveitado e relevância para a sustentabilidade

Com as premissas da seção 2.5, o traço estudado corresponde a cerca de 415 kg de cimento e 830 kg de areia por metro cúbico de concreto, ou aproximadamente 320 L de areia. A substituição de 5%, 10% e 15% desse volume por PET consome, respectivamente, 16, 32 e 48 L de polímero, o que equivale a 21,6, 43,2 e 64,7 kg de PET por metro cúbico, ou a algumas centenas a pouco mais de mil garrafas de 2 L (Tabela 7). Em termos de desempenho, o aproveitamento é de aproximadamente 8 kg de PET por MPa de resistência perdida aos 28 dias (8,4, 8,2 e 7,8 kg/MPa para 5%, 10% e 15%), relação quase constante que reflete o comportamento linear da queda de resistência.

Tabela 7- Estimativa ilustrativa do PET incorporado por metro cúbico de concreto

Teor (vol.)	PET (L/m ³)	PET (kg/m ³)	Garrafas de 2 L equivalentes	Resistência, 28 dias (MPa)
5%	16,0	21,6	430 a 540	18,33
10%	32,0	43,2	860 a 1.080	15,63
15%	47,9	64,7	1.290 a 1.620	12,63

Fonte: Autores, 2026. Premissas na seção 2.5; valores não medidos.

O estudo demonstra que fragmentos de PET podem ser incorporados ao concreto com equipamentos simples de laboratório, e quantifica o custo mecânico dessa incorporação. O benefício ambiental, porém, não foi medido. Para que a substituição se justifique do ponto de vista da sustentabilidade, é preciso comparar o ganho de destinação do resíduo com os impactos do processamento (corte, eventual lavagem e transporte), com a possível perda de durabilidade e com as alternativas existentes de reciclagem do PET, como o reprocessamento em novas embalagens. Há ainda um risco de compensação: se a perda de resistência fosse corrigida com maior consumo de cimento para atingir a mesma classe, o ganho ambiental





poderia ser reduzido ou anulado. Uma análise de ciclo de vida e um estudo de custos são, portanto, condição para afirmar que a solução é vantajosa. O resultado de maior valor prático deste trabalho é o de delimitar o que não funciona (teores de 10% e 15% com este PET e este procedimento) e orientar a busca por formulações mais promissoras.

As interpretações dos resultados deste estudo precisam ser avaliadas à luz das limitações experimentais deste estudo, que incluem o reduzido número de réplicas (três corpos de prova por condição e idade), limitando o poder estatístico e impossibilitando testes de equivalência entre as misturas; o uso de cilindros de 5×10 cm com adensamento manual, sem comparação com corpos de prova convencionais; a definição do traço de referência por inspeção visual, sem ensaio mecânico preliminar e sem determinação das massas específicas e unitárias dos agregados e do PET; e a obtenção da granulometria do PET por corte manual, sem caracterização granulométrica própria ou compatibilidade com a areia.

Somam-se a ausência de registro sobre a limpeza do PET e sobre a identificação das betonadas em cada idade, fatores que podem ter contribuído para as oscilações observadas nas idades intermediárias; a não determinação do abatimento e das massas específicas do concreto fresco e endurecido, restringindo a avaliação da trabalhabilidade e da redução de massa; o emprego de uma única fonte de PET, um único tipo de cimento (CP IV) e uma única relação água/cimento, sem ajustes para possíveis efeitos da incorporação do polímero; e o uso de massas específicas e massa por garrafa assumidas, e não determinadas experimentalmente, na estimativa do consumo de PET.

Por fim, a avaliação foi restrita à resistência à compressão axial, sem investigação de propriedades como resistência à tração, absorção de água, trabalhabilidade, retração, durabilidade e desempenho térmico, nem de aspectos econômicos e ambientais por meio de análises de custo e ciclo de vida, limitando a avaliação do potencial de aplicação do material.





4. CONCLUSÕES

Nas condições experimentais investigadas, a substituição parcial da areia por fragmentos de PET pós-consumo, com granulometria entre 1 e 3 mm, mostrou-se tecnicamente viável, porém associada à redução da resistência à compressão do concreto, cuja magnitude aumentou com o teor de PET incorporado. Aos 28 dias, em relação ao concreto de referência (20,89 MPa), foram observadas reduções de 12,3%, 25,2% e 39,6% para os teores de 5%, 10% e 15% de PET, respectivamente. A análise de variância confirmou efeito significativo do teor de PET sobre a resistência à compressão ($p = 0,0002$), com redução média estimada de 0,55 MPa para cada aumento de um ponto percentual no teor de PET (IC 95%: 0,42–0,68 MPa).

Os teores de 10% e 15% apresentaram diferenças significativas em relação à referência, inclusive após a correção de Holm. Embora o teor de 5% não tenha apresentado diferença estatisticamente significativa em relação à referência ao nível de 5%, esse resultado não deve ser interpretado como evidência de equivalência entre os concretos. Todos os corpos de prova desse grupo apresentaram resistência inferior ao menor valor observado na referência, enquanto o baixo número de réplicas limitou o poder dos testes estatísticos. Portanto, os resultados indicam que não foi possível detectar uma diferença estatisticamente significativa para 5% de PET, mas não permitem concluir que esse teor preserve a resistência do concreto.

A análise considerando simultaneamente idade e teor de PET demonstrou que a idade de cura foi responsável pela maior parcela da variação observada, enquanto o teor de PET também exerceu efeito expressivo sobre a resistência, com evidência de interação entre os dois fatores. O efeito desfavorável da incorporação de PET tornou-se mais pronunciado aos 28 dias. As oscilações observadas em algumas idades intermediárias, incluindo reduções pontuais de resistência com o avanço da idade, devem ser interpretadas com cautela, uma vez que podem estar relacionadas à variabilidade experimental e de moldagem, não sendo suficientes, isoladamente, para caracterizar um comportamento intrínseco do material.





A comparação com resultados reportados na literatura reforça que o desempenho de concretos contendo PET é dependente de fatores como teor de substituição, base de substituição (em massa ou em volume), granulometria e morfologia do polímero, características da matriz cimentícia e relação água/cimento. Dessa forma, resultados favoráveis obtidos para determinadas formulações não podem ser diretamente extrapolados para as condições investigadas neste estudo.

Considerando o conjunto dos resultados, os concretos produzidos com os teores de PET avaliados não apresentam, nas condições estudadas, desempenho que permita recomendar seu emprego em elementos estruturais. Para aplicações não estruturais, os menores teores de substituição apresentam maior potencial, especialmente em razão da menor perda de resistência observada; entretanto, essa possibilidade deve ser avaliada conjuntamente com outras propriedades de desempenho e não pode ser estabelecida exclusivamente a partir da resistência à compressão.

Para o aprofundamento da investigação, recomenda-se ampliar o número de réplicas para, no mínimo, seis corpos de prova por condição experimental, de modo a aumentar a precisão das estimativas e o poder dos testes estatísticos. Recomenda-se também a utilização de corpos de prova cilíndricos de 10×20 cm, a determinação das massas específica e unitária dos materiais empregados e o controle e ajuste da granulometria do PET em relação à areia substituída. Estudos futuros devem ainda investigar teores de substituição inferiores a 5%, bem como tratamentos superficiais dos fragmentos de PET, buscando reduzir possíveis efeitos adversos da interface entre o polímero e a matriz cimentícia.

Além da resistência à compressão, é importante avaliar propriedades complementares, como absorção de água, resistência à tração por compressão diametral, trabalhabilidade e indicadores de durabilidade. O registro individual das betonadas e o controle mais rigoroso das etapas de moldagem e cura também são recomendados, especialmente para permitir a identificação e a quantificação de fontes de variabilidade experimental. Por fim, análises de viabilidade econômica e de ciclo de vida são necessárias para verificar se os potenciais





benefícios ambientais associados ao aproveitamento do PET justificam sua utilização nas aplicações propostas.

Assim, o estudo demonstra que a substituição parcial da areia por fragmentos de PET pós-consumo é tecnicamente possível, mas evidencia um compromisso entre o aproveitamento do resíduo e a manutenção do desempenho mecânico do concreto. Os resultados obtidos estabelecem uma referência experimental para as condições investigadas, delimitam estatisticamente os efeitos dos teores avaliados e indicam caminhos para o desenvolvimento de formulações com menor perda de desempenho e maior potencial de aplicação.

REFERÊNCIAS

ABIPET. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO PET. **História da embalagem PET**. [2025]. Disponível em: <https://abipet.org.br/historia-da-embalagem-pet/>. Acesso em: 20 maio 2025.

AKÇAÖZOĞLU, S.; ATIŞ, C. D.; AKÇAÖZOĞLU, K. An investigation on the use of shredded waste PET bottles as aggregate in lightweight concrete. **Waste Management**, v. 30, n. 2, p. 285-290, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2009.09.033>.

ALBANO, C.; CAMACHO, N.; HERNÁNDEZ, M.; MATHEUS, A.; GUTIÉRREZ, A. Influence of content and particle size of waste PET bottles on concrete behavior at different w/c ratios. **Waste Management**, v. 29, n. 10, p. 2707-2716, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2009.05.007>.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5738**: Concreto: procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5739**: Concreto: ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto: procedimento. Rio de Janeiro, 2014.





ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7211**: Agregados para concreto: especificação. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 8953**: Concreto para fins estruturais: classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR NM 248**: Agregados: determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

BERETTA, H.; GATANI, M.; GAGGINO, R.; ARGÜELLO, R. **Ladrillos de plástico reciclado**: una propuesta ecológica para la vivienda social. 1. ed. Buenos Aires: Nobuko, 2008.

CHOI, Y. W.; MOON, D. J.; CHUNG, J. S.; CHO, S. K. Effects of waste PET bottles aggregate on the properties of concrete. **Cement and Concrete Research**, v. 35, n. 4, p. 776-781, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2004.05.014>.

DAWOOD, A. O.; SHAKIR, N. M. Physical and mechanical characteristics of geopolymer concrete incorporating PET wastes as partial replacement of fine aggregate. **Advances in Civil and Architectural Engineering**, v. 16, n. 30, p. 245-261, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.13167/2025.30.14>.

FERREIRA, L.; DE BRITO, J.; SAIKIA, N. Influence of curing conditions on the mechanical performance of concrete containing recycled plastic aggregate. **Construction and Building Materials**, v. 36, p. 196-204, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.02.098>.

FRIGIONE, M. Recycling of PET bottles as fine aggregate in concrete. **Waste Management**, v. 30, n. 6, p. 1101-1106, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2010.01.030>.

GEYER, R.; JAMBECK, J. R.; LAW, K. L. Production, use, and fate of all plastics ever made. **Science Advances**, v. 3, n. 7, e1700782, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>.





GYURKÓ, Z.; NEMES, R. Specimen size and shape effect on the compressive strength of normal strength concrete. **Periodica Polytechnica Civil Engineering**, v. 64, n. 1, p. 276-286, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3311/PPci.15338>.

IASNII, V.; MYKYTYSHYN, T. Specimen size and shape effect on the compressive strength of concrete. **Scientific Journal of the Ternopil National Technical University**, n. 3 (111), 2023. Disponível em: https://doi.org/10.33108/visnyk_tntu2023.03.097.

ISMAIL, Z. Z.; AL-HASHMI, E. A. Use of waste plastic in concrete mixture as aggregate replacement. **Waste Management**, v. 28, n. 11, p. 2041-2047, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2007.08.023>.

MARZOUK, O. Y.; DHEILLY, R. M.; QUENEUDEC, M. Valorization of post-consumer waste plastic in cementitious concrete composites. **Waste Management**, v. 27, n. 2, p. 310-318, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2006.03.012>.

RAHMANI, E.; DEHESTANI, M.; BEYGI, M. H. A.; ALLAHYARI, H.; NIKBIN, I. M. On the mechanical properties of concrete containing waste PET particles. **Construction and Building Materials**, v. 47, p. 1302-1308, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.06.041>.

SAIKIA, N.; DE BRITO, J. Use of plastic waste as aggregate in cement mortar and concrete preparation: a review. **Construction and Building Materials**, v. 34, p. 385-401, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.02.066>.

SAIKIA, N.; DE BRITO, J. Mechanical properties and abrasion behaviour of concrete containing shredded PET bottle waste as a partial substitution of natural aggregate. **Construction and Building Materials**, v. 52, p. 236-244, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.11.049>.

SIDDIQUE, R.; KHATIB, J.; KAUR, I. Use of recycled plastic in concrete: a review. **Waste Management**, v. 28, n. 10, p. 1835-1852, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2007.09.011>.



REVISTA OWL (*OWL Journal*)

www.revistaowl.com.br – ISSN: 2965-2634



WWF BRASIL. **Brasil é o 4º país do mundo que mais gera lixo plástico.** 4 mar. 2019.

Disponível em: <https://www.wwf.org.br/?70222/Brasil-e-o-4-pais-do-mundo-que-mais-gera-lixo-plastico>. Acesso em: 30 set. 2026.

Recebido em: 01/10/2026

Aprovado em: 05/10/2026

Publicado em: 10/10/2026

Revista *OWL Journal*, Campina Grande - PB, v. 4 n. 10 (2026) - ISSN 2965-2634

A Revista *OWL Journal* está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição (CC BY)

